

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan merupakan suatu konsepsi dari semua aktifitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya, menurut Supandi (1990) *maintenance* memerlukan partisipasi penuh dari semuanya, mulai manajemen puncak sampai karyawan lini terdepan. Operator bukan hanya bertugas menjalankan mesin, tetapi juga merawat mesin sebelum dan sesudah pemakaian. Istilah *maintenance* dapat diartikan sebagai pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas, seperti: bagian dari pabrik, peralatan, gedung beserta isinya, sehingga mencapai standart yang dapat diterima.

Maintenance bertujuan untuk membentuk kultur usaha yang mengejar dengan tuntas peningkatan efisiensi sistem produksi *Overall Equipment Effectiveness*. Sasaran penerapannya adalah tercapainya *zero breakdown*, *zero defect*, dan *zero accident* sepanjang siklus hidup dari sistem produksi sehingga memaksimalkan efektifitas penggunaan mesin. Perawatan telah dirasakan manfaatnya dalam menunjang kemajuan perusahaan serta kemampuan bersaing secara global. *Maintenance* merupakan strategi *improvement* yang diperuntukkan bagi perusahaan secara menyeluruh, yang telah terbukti keberhasilannya, yang utamanya adalah melibatkan semua karyawan, tidak hanya karyawan bagian *maintenance* dan produksi.

2.1.1. Tujuan Pemeliharaan (*Maintenance*)

Proses pemeliharaan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan

biaya pemeliharaan. Proses pemeliharaan atau sistem pemeliharaan merupakan sub sistem dari sistem produksi, dimana tujuan sistem produksi tersebut adalah :

- Memaksimalkan profit dari peluang pasar yang tersedia.
- Memperhatikan aspek teknik dan ekonomis pada proses konversi material menjadi produk

Sehingga sistem pemeliharaan dapat membantu tercapainya tujuan tersebut dengan adanya peningkatan profit dan kepuasan pelanggan, hal tersebut dilakukan dengan pendekatan nilai fungsi dari fasilitas/ pemeliharaan produksi yang ada dengan cara (Duffuaa et al 1999):

- Meminimasi *downtime*
- Memperbaiki kualitas
- Meningkatkan produktivitas
- Menyerahkan pesanan tepat waktu

Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen pemeliharaan lain menurut Antony Corder, Secara detail disebutkan sebagai berikut (Corder 1992) :

- Untuk memperpanjang usia kegunaan asset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya). Hal ini terutama penting di Negara berkembang karena kurangnya sumber daya modal untuk penggantian
- Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin
- Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamat, dan sebagainya
- Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.2. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Setiap sistem industri atau khususnya pabrik pasti mengalami kendala dengan perawatan dari berbagai fasilitas yang dimilikinya. Hal ini karena semua fasilitas tersebut bersifat fisik dan pasti mengalami penurunan performansi dari waktu ke waktu. Sementara setiap sistem tersebut diharapkan untuk selalu beroperasi dalam rangka mencapai target yang telah disepakati dengan konsumen. Mesin peralatan boleh efisien tetapi kalau produk yang dihasilkan banyak yang tidak memenuhi syarat kualitas, tetap saja tidak akan mendukung dalam bersaing. Harus dicari titik optimum dimana mesin tetap efisien, tetapi harus mampu mendukung kebutuhan produksi dalam jumlah dan kualitas produk yang dihasilkan.

Pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Pada dasarnya hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan mencakup dua hal sebagai berikut (Corder, 1992):

1. Pemeliharaan pencegahan, meliputi pemeriksaan yang berdasar pada 'lihat, rasakan dan dengarkan' dan penyetelan minor pada selang waktu yang telah ditentukan serta penggantian komponen minor yang ditemukan perlu diganti pada saat pemeriksaan.
2. *Pemeliharaan korektif* meliputi reparasi minor, terutama untuk rencana jangka pendek, yang mungkin timbul di antara pemeriksaan, juga overhaul terencana misalnya overhaul tahunan atau dua tahunan, suatu perluasan yang direncanakan dalam rincian untuk jangka panjang sebagai hasil pemeriksaan pencegahan ditujukan tidak hanya untuk mengurangi pemeliharaan darurat, tetapi juga untuk mengurangi pemeliharaan korektif.

TPM adalah suatu metode yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan peralatan, dan memantapkan sistem perawatan preventif yang dirancang untuk keseluruhan peralatan dengan mengimplementasikan suatu aturan dan memberikan motivasi kepada seluruh bagian yang berada dalam suatu perusahaan tersebut, melalui peningkatan kompenenisasi dari seluruh anggota

yang terlibat mulai dari manajemen puncak sampai kepada level terendah. Selain itu juga TPM bertujuan untuk menghindari perbaikan secara tiba-tiba dan meminimasi perawatan yang tidak terjadwal. TPM adalah suatu konsep yang ditujukan untuk struktur perusahaan agar mencapai tingkat efisiensi tertinggi yang mungkin dicapai oleh sistem produksi (efisiensi menyeluruh), untuk mendirikan suatu sistem dengan pandangan “tanpa kecelakaan dan tanpa produk cacat”, dengan tujuan pokok kepada life cycle dari sistem produksi. TPM mengedepankan proses perbaikan dengan mempertimbangkan keamanan, kualitas pengiriman, biaya dan kreativitas yang melibatkan seluruh lini produksi.

TPM meliputi beberapa hal seperti komitmen total terhadap program oleh kalangan manajemen puncak, pemberian wewenang yang lebih luas kepada pekerja untuk melakukan tindakan korektif, dan merupakan aktivitas yang membutuhkan waktu relatif lama untuk pelaksanaannya serta prosesnya berlangsung secara kontinyu. TPM menjadikan kegiatan pemeliharaan menjadi fokus yang penting dalam bisnis dan tidak lagi dianggap sebagai kegiatan yang tidak menguntungkan. Dalam TPM, *downtime* (waktu nganggur) untuk pemeliharaan dijadwalkan sebagai bagian dari proses produksi sehari-hari dan bahkan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses produksi tersebut.

Pencapaian tujuan TPM menurut Seiichi Nakajima (1998) dilakukan melalui :

- Perbaikan efektifitas perlengkapan : dimana pekerja mampu memahami dan memeriksa efektifitas dari fasilitas melalui identifikasi dan pemeriksaan semua kerugian yang mungkin terjadi, seperti akibat *downtime*, kerugian karena peralatan tidak beroperasi pada keadaan optimal dan kerugian akibat cacat.
- Pencapaian pemeliharaan individu : memungkinkan pekerja yang mengoperasikan suatu peralatan untuk bertanggung jawab atas beberapa tugas pemeliharaan.
- Perencanaan pemeliharaan : pendekatan sistematis terhadap semua kegiatan pemeliharaan. Perencanaan ini melibatkan identifikasi keadaan dan tingkatan pelaksanaan maintenance yang diperlukan untuk tiap

perlengkapan, membuat standar kondisi untuk pemeliharaan, menentukan tanggung jawab untuk masing-masing staf operasi dan staf pemeliharaan menjadi lebih jelas

- Melatih semua staf dengan keahlian pemeliharaan yang memadai dan sesuai. Tanggung jawab yang telah dibebankan kepada staf operasi dan staf pemeliharaan masing-masing memerlukan keahlian yang sesuai untuk melaksanakannya, untuk itu TPM member penekanan terhadap pelatihan yang tepat dan terus-menerus.
- Mencapai secepat-cepatnya “*zero maintenance*” melalui *maintenance preventive*. *Maintenance preventive* mengikut sertakan pertimbangan sebab kegagalan dan kemampuan pemeliharaan selama tahap desain, tahap manufaktur, tahap pemasangan termasuk tahap penyimpanannya. Sebagai bagian dari suatu proses secara keseluruhan, TPM mencoba melacak masalah pemeliharaan yang potensial timbul untuk dikembalikan ke akar permasalahannya, sehingga masalah tersebut dapat dihilangkan pada titik penyebab awal permasalahan.

2.2.1 Pembagian Maintenance

1. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

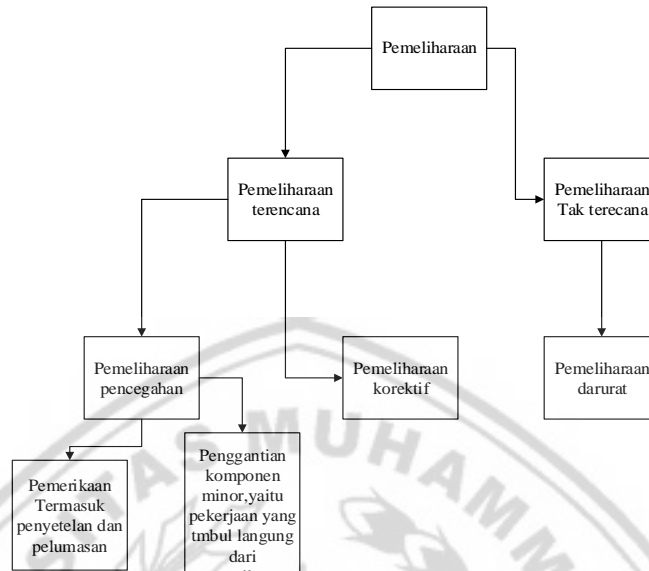
Pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya (Corder 1992).

2. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Corrective maintenance pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian (termasuk penyetelan dan reparasi) yang telah berhenti untuk memenuhi suatu kondisi yang bisa diterima (Corder 1992).

3. *Improvement Maintenance*

Improvement maintenance yaitu memodifikasi beberapa komponen dari suatu peralatan yang bertujuan untuk memperpanjang umur komponen, meningkatkan nilai teknologi serta menghindari komponen yang sudah obsolete.



Gambar 2.2.1 Hubungan antara bentuk pemeliharaan

2.2.2. 8 Pilar TPM (eight Pillar of TPM) :

1. *Autonomou Maintenance /Jishu Hozen* (Pemeliharaan Otonomus)

Autonomous Maintenance atau *Jishu Hozen* memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pembersihan mesin, pemberian lubrikasi/minyak dan inspeksi mesin. Dengan demikian, operator atau pekerja yang bersangkutan memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakannya. Dengan Pilar *Autonomous Maintenance*, Mesin atau peralatan produksi dapat dipastikan bersih dan terlubrikasi dengan baik serta dapat mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah.

2. *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terencana)

Pilar *Planned Maintenance* menjadwalkan tugas perawatan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dan/atau tingkat kerusakan yang diprediksikan. Dengan *Planned Maintenance*, kita dapat mengurangi kerusakan yang terjadi secara mendadak serta dapat lebih baik mengendalikan tingkat kerusakan komponen.

3. *Quality Maintenance* (Pemeliharaan Kualitas)

Pilar *Quality Maintenance* membahas tentang masalah kualitas dengan memastikan peralatan atau mesin produksi dapat mendeteksi dan mencegah kesalahan selama produksi berlangsung. Dengan kemampuan mendeteksi kesalahan ini, proses produksi menjadi cukup handal dalam menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi pada pertama kalinya. Dengan demikian, tingkat kegagalan produk akan terkendali dan biaya produksi pun menjadi semakin rendah.

4. *Focused Maintenance* (Perbaikan yang terfokus)

Membentuk kelompok kerja untuk secara proaktif mengidentifikasi mesin atau peralatan kerja yang bermasalah dan memberikan solusi atau usulan perbaikan. Kelompok kerja dalam melakukan *Focused Improvement* juga bisa mendapatkan karyawan yang bertalenta dalam mendukung kinerja perusahaan untuk mencapai targetnya.

5. *Development Management* (Manajemen Awal pada Peralatan Kerja)

Early Equipment Management merupakan pilar TPM yang menggunakan kumpulan pengalaman dari kegiatan perbaikan dan pemeliharaan sebelumnya untuk memastikan mesin baru dapat mencapai kinerja yang optimal. Tujuan dari pilar ini adalah agar mesin atau peralatan produksi baru dapat mencapai kinerja yang optimal pada waktu yang sesingkat-singkatnya.

6. Training dan Education (Pelatihan dan Pendidikan)

Pilar Training dan Education ini diperlukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan TPM (Total Productive Maintenance). Kurangnya pengetahuan terhadap alat atau mesin yang dipakainya dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan tersebut dan menyebabkan rendahnya produktivitas kerja yang akhirnya merugikan perusahaan. Dengan pelatihan yang cukup, kemampuan operator dapat ditingkatkan sehingga dapat

melakukan kegiatan perawatan dasar sedangkan Teknisi dapat dilatih dalam hal meningkatkan kemampuannya untuk melakukan perawatan pencegahan dan kemampuan dalam menganalisis kerusakan mesin atau peralatan kerja. Pelatihan pada level Manajerial juga dapat meningkatkan kemampuan Manajer dalam membimbing dan mendidik tenaga kerjanya (*mentoring* dan *Coaching skills*) dalam penerapan TPM.

7. *Safety, Health and Environment* (Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan)

Para Pekerja harus dapat bekerja dan mampu menjalankan fungsinya dalam lingkungan yang aman dan sehat. Dalam Pilar ini, Perusahaan diwajibkan untuk menyediakan Lingkungan yang aman dan sehat serta bebas dari kondisi berbahaya. Tujuan Pilar ini adalah mencapai target Tempat kerja yang “Accident Free” (Tempat Kerja yang bebas dari segala kecelakaan).

8. Office TPM (TPM dalam Administrasi)

Pilar selanjutnya dalam TPM adalah menyebarkan konsep TPM ke dalam fungsi Administrasi. Tujuan pilar TPM ini adalah agar semua pihak dalam organisasi memiliki konsep dan persepsi yang sama termasuk staff administrasi.

2.2.3. 5S (Seiri, Seiton, Seiketsu dan Shitsuke)

5S merupakan implementai manajerial perawatan terhadap stasiun kerja yang bersifat menyeluruh dan sistematis. Penerapan 5S di perusahaan akan berdampak secara langsung terhadap keselamatan, efisiensi, efektifitas kerja dan peningkatan produktifitas. 5S itu sendiri merupakan istilah yang berasal dari bahasa jepang, antara lain (Majid, Moengin, and Witonohadi 2014) :

1. 1S – Seiri

Seiri merupakan langkah awal implementasi 5S, yaitu: pemilahan barang yang berguna dan tidak berguna: Barang berguna => Disimpan, Barang tidak berguna => Dibuang. Dalam langkah awal ini dikenal istilah *Red Tag Strategy*, yaitu menandai barang-barang yang sudah tidak berguna dengan label merah (*red tag*) agar mudah dibedakan dengan barang-barang yang masih berguna. Barang-barang dengan label merah kemudian disingkirkan dari tempat kerja. Semakin ramping (*lean*) tempat kerja dari barang-barang yang tidak dibutuhkan, maka akan semakin efisien tempat kerja tersebut.

2. 2S – Seiton

Seiton adalah langkah kedua setelah pemilahan, yaitu: penataan barang yang berguna agar mudah dicari, dan aman, serta diberi indikasi. Dalam langkah kedua ini dikenal istilah *Signboard Strategy*, yaitu menempatkan barang-barang berguna secara rapih dan teratur kemudian diberikan indikasi atau penjelasan tentang tempat, nama barang, dan berapa banyak barang tersebut agar pada saat akan digunakan barang tersebut mudah dan cepat diakses. *Signboard strategy* mengurangi pemborosan dalam bentuk gerakan mondar-mandir mencari barang.

3. 3S – Seiso

Seiso adalah langkah ketiga setelah penataan, yaitu: pembersihan barang yang telah ditata dengan rapih agar tidak kotor, termasuk tempat kerja dan lingkungan serta mesin, baik mesin yang *breakdown* maupun dalam rangka program *preventive maintenance* (PM). Sebisa mungkin tempat kerja dibuat bersih dan bersinar seperti ruang pameran agar lingkungan kerja sehat dan nyaman sehingga mencegah motivasi kerja yang turun akibat tempat kerja yang kotor dan berantakan.

4. 4S – Seiketsu

Seiketsu adalah langkah selanjutnya setelah seiri, seiton, dan seiso, yaitu: penjagaan lingkungan kerja yang sudah rapi dan bersih menjadi suatu standar kerja. Keadaan yang telah dicapai dalam proses seiri, seiton, dan seiso harus

distandarisasi. Standar-standar ini harus mudah dipahami, diimplementasikan ke seluruh anggota organisasi, dan diperiksa secara teratur dan berkala.

5. 5S – Shitsuke

Shitsuke adalah langkah terakhir, yaitu penyadaran diri akan etika kerja: Disiplin terhadap standar, Saling menghormati, Malu melakukan pelanggaran, Senang melakukan perbaikan

Suksesnya 5S terletak pada sejauhmana orang melakukan 5S sebagai suatu kebiasaan (habit) bukan paksaan sehingga inisiatif perbaikan akan muncul dengan sendirinya 5S tidak sulit untuk dipahami, tapi 5S sangat sulit untuk dilaksanakan dengan benar. 5S memerlukan kegigihan, kebulatan tekad, dan memerlukan usaha yang terus menerus. 5S mungkin tidak akan memberikan hasil yang dramatis. Namun 5S membuat pekerjaan lebih mudah. 5S akan mengurangi pemborosan waktu kerja kita. 5S akan membuat kita bangga atas pekerjaan kita. 5S akan meningkatkan produktifitas kerja dan mutu yang lebih baik, sedikit demi sedikit, namun terus menerus.

2.2.4. Tujuan Total Productive Maintenance

Dalam istilah pemeliharaan (*maintenance*) disebutkan bahwa disana tercakup dua pekerjaan yaitu istilah pemeliharaan dan perbaikan. Pemeliharaan dimaksudkan sebagai aktifitas untuk mencegah kerusakan, sedangkan istilah perbaikan dimaksudkan sebagai tindakan untuk memperbaiki kerusakan. Pemilihan program pemeliharaan akan mempengaruhi kelangsungan produktivitas produksi pabrik. Karena itu perlu dipertimbangkan secara cermat mengenai bentuk pemeliharaan yang akan digunakan terutama berkaitan dengan kebutuhan produksi, waktu biaya, keterandalan tenaga pemeliharaan dan kondisi peralatan yang dikerjakan (Corder 1992).

Tujuan dari TPM yang utama antara lain :

- Untuk memperpanjang usia kegunaan asset yaitu bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya.

- Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi yang maksimum.
- Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut
- Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.

2.2.5. Keuntungan Implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM)

Keuntungan – keuntungan yang mungkin diperoleh perusahaan yang menerapkan TPM bisa secara langsung maupun tidak langsung. Keuntungan yang mungkin diperoleh adalah (Corder,1996) :

1. Mencapai OEE minimum 90%
2. Memperbaiki perlakuan, sehingga tidak ada lagi komplain dari pelanggan
3. Mengurangi biaya manufaktur sebesar 30%
4. Memenuhi pesanan pelanggan sebesar 100% (mengirimkan kuantitas yang tepat, pada waktu yang tepat dengan kualitas yang disyaratkan pelanggan).
5. Mengurangi kecelakaan
6. Mengikuti ukuran kontrol polusi.

2.2.6. Kerugian Perusahaan

TPM mengedepankan upaya untuk mengeliminasi kerugian dan pemborosan, sehingga kerugian harus dapat diminimalisir, bahkan ditiadakan (nol). Kerugian yang biasanya dialami oleh suatu perusahaan diakibatkan oleh (Praharsi, Sriwana, and Sari 2015) :

1. Kerusakan pada peralatan mesin
2. Waktu *set-up* dan penyiapan mesin yang terlalu lama
3. Kekosongan aktivitas (*idle*) pada saat penggantian proses
4. Penurunan kecepatan produksi atau kecepatan kerja

5. Produk cacat yang terlalu banyak sehingga harus diperbaiki, atau bahkan dibuang.
6. Kerusakan pada peralatan mesin
7. Waktu *set-up* dan penyiapan mesin yang terlalu lama
8. Kekosongan aktivitas (*idle*) pada saat penggantian proses
9. Penurunan kecepatan produksi atau kecepatan kerja
10. Produk cacat yang terlalu banyak sehingga harus diperbaiki, atau bahkan dibuang.

2.2.7. Kerusakan pada peralatan

Kerusakan pada peralatan, merupakan bagian dari kerugian (*loses*).

Secara umum kerusakan dapat diklasifikasikan menjadi.(Praharsi, Sriwana, and Sari 2015) :

- Kerusakan nyata

Kerusakan ini secara langsung dapat diketahui oleh operator, karena mesin tidak dapat beroperasi dengan baik, dan secara panca indera dapat mudah dideteksi, karena perbedaan yang terlalu signifikan terhadap kondisi pada saat mesin stabil. Kerusakan nyata termasuk ke dalam kerusakan yang berat, oleh sebab itu penanganannya perlu dilakukan *repair* atau bahkan *overhaul* (perawatan menyeluruh).

- Kerusakan terselubung

Kerusakan ini sulit dideteksi, karena secara panca indera tidak tampak, sehingga untuk mendeteksi kerusakan ini dibutuhkan keahlian yang cukup baik. Oleh sebab itu pelatihan perawatan mesin untuk operator perlu dilaksanakan. Kerusakan ini termasuk ke dalam kerusakan sedang dan kecil.

2.3. OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) merupakan alat pengukur kinerja keseluruhan peralatan atau mesin (*complete, inclusive, whole*), dalam arti bahwa perawatan dapat bekerja seperti yang seharusnya. OEE juga merupakan *tool* analisa tiga bagian untuk kinerja peralatan berdasarkan *availability, performance, efficiency dan quality* dari produk atau output (Rahman and Yuniarti 2013).

Menurut Corder (1996), hasil perhitungan nilai OEE dapat memberikan pandangan secara umum mengenai performa kinerja aktual dan membantu memfokuskan perbaikan pada kerugian yang lebih besar. *Total Productive Maintenance* didasarkan pada tiga konsep yang saling berhubungan, yaitu :

1. Maksimasi efektivitas permesianan dan peralatan
2. Pemeliharaan secara mandiri oleh pekerja
3. Aktifitas grup kecil

Dengan konteks ini OEE dapat dinggap sebagai proses mengkombinasikan manajemen operasi dan pemeliharaan peralatan serta sumber daya.

OEE menurut Pintelon dan Gelders (1991) merupakan metode pengukuran produktivitas peralatan dan mesin pada suatu perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengukur faktor kerugian dari manufaktur yaitu ketersediaan, kinerja dan tingkat kualitas. OEE dapat dinyatakan sebagai perbandingan dari output aktual dari mesin dibagi dengan output maksimal mesin saat berada dalam kondisi terbaik. Perhitungan OEE didasarkan pada tiga faktor utama yaitu ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance rate*), dan kualitas (*quality rate*).

Dari definisi yang ada, dapat disimpulkan bahwa OEE merupakan alat bantu yang digunakan untuk menjaga peralatan dalam kondisi ideal dengan menghilangkan losses yang dikelompokkan menjadi tiga faktor yaitu

availability rate, performance rate dan quality rate untuk selanjutnya dijadikan standar dalam proses perbaikan keterlanjutan.

Nilai OEE diperoleh dari tiga perkalian ketiga faktor OEE, yaitu *availability rate, performance rate dan quality rate*. Formula perkalian ketiga faktor tersebut adalah sebagai berikut :

$$\text{OEE (\%)} = \text{availability rate (\%)} \times \text{performance rate (\%)} \times \text{quality rate (\%)}$$

Hasil dari formulasi tersebut berupa angka persentase yang menggambarkan tingkat efektivitas penggunaan peralatan. Pada penerapannya angka ini akan berbeda-beda untuk tiap perusahaan. OEE memiliki nilai minimal sebesar 85%, dengan komposisi sebagai berikut (Seiichi Nakajima 1998) :

- Availability rate lebih besar dari 90%
- Performance rate lebih besar dari 95%
- Quality rate lebih besar dari 99%

Menurut Hansen (2001) dalam klasifikasi nilai OEE adalah :

- Nilai OEE <65% tidak dapat diterima
- Nilai OEE 65-75% cukup baik dengan hanya ada kecenderungan adanya peningkatan tiap kuartalnya
- Nilai OEE 75-85% berarti sangat bagus untuk terus ditingkatkan hingga world class.

Standart dari JIPM (*Japan Institute of Plants maintenance*) untuk indeks TPM yang ideal adalah dukur dari nilai *bancmark* OEE yaitu :

- $OEE < 65 \%$
Kelas perusahaan tidak dapat diterima. Ada kerugian ekonomi penting, daya saing sangat rendah.
 - $65\% < OEE < 75\%$
Kelas perusahaan standar. Diterima jika hanya berada dalam proses perbaikan. Kerugian ekonomi. Rendah daya saing
 - $75\% < OEE < 85\%$
Kelas perusahaan diterima. Lanjutkan perbaikan diatas 85% dan bergerak menuju kelas dunia. Sedikit kerugian ekonomi. Daya saing sedikit rendah
 - $85\% < OEE < 95\%$
Kelas perusahaan bagus. Masuk kategori efek kelas dunia. Baik daya saing
 - $OEE > 95\%$
Kelas perusahaan keunggulan. Nilai kelas dunia. Daya saing sempurna
- Dari hail perhitungan OEE tersebut, mampu diketahui variable mana yang mempengaruhi produktiitas mesin. Faktor dari variable tersebut adalah *six big losses*.

Menurut Nakajima (1988), terdapat 6 kerugian besar yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan. Keenam kerugian tersebut, atau sering disebut dengan *six big losses* yang terdiri dari :

1. *Equipment failure*, (kerugian akibat kerusakan peralatan)
Kerusakan mesin yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan, keadaan tersebut akan menimbulkan kerugian karena kerusakan mesin akan menyebabkan mesin tidak beroperasi

2. *Setup and adjustment losses*, (kerugian penyetelan dan penyesuaian)

Semua waktu setup termasuk penyesuaian dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan pengganti satu jenis produk

3. *Idle and minor stoppage*, (kerugian karena menganggur dan penghentian mesin)

Disebabkan oleh kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin (error) dan idle time dari mesin. Kenyataan kerugian ini tidak dapat terdeteksi secara langsung tanpa adanya alat pelacak. Ketika operator tidak dapat memperbaiki pemberhentian yang bersifat minor stoppages dalam waktu yang telah ditentukan dapat dianggap sebagai suatu *breakdown*

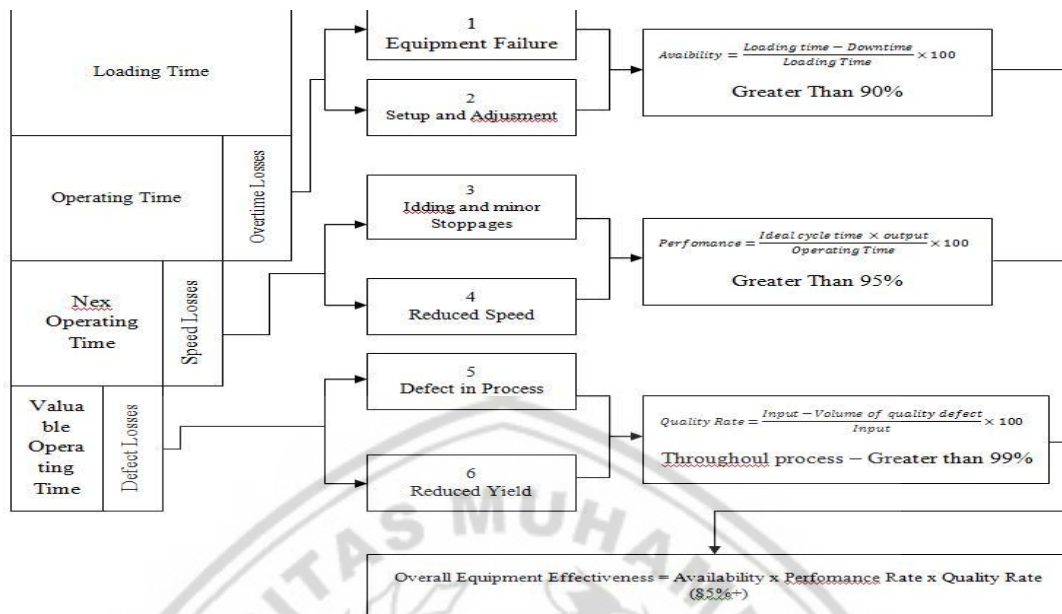
4. *Reduced speed*, (kerugian karena kecepatan operasi rendah)

Kerugian karena mesin tidak dapat bekerja optimal terjadi jika kecepatan actual operasi mesin/ peralatan lebih kecil dari kecepatan optimal atau kecepatan mesin yang dirancang

5. *Defect in process*, (kerugian cacat produk dalam proses)

Kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun proses pengerjaan diulang. Proses cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi. Kerugian akibat pengerjaan ulang akan mempengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk mengolah atau memperbaiki produk cacat

6. *Reduced yield*, (kerugian akibat hasil rendah/ material yang tidak terpakai)



Gambar 2.3. Six Big Losses

Dengan teridentifikasinya enam kerugian besar tersebut perencanaan program yang sistematis dan jangka panjang dengan tujuan meminimasi losses dapat dilaksanakan yang secara langsung akan mempengaruhi elemen-elemen penting dari perusahaan seperti produktivitas yang meningkat karena berkurangnya kerugian, kualitas juga meningkat sebagai dampak pengurangan kerusakan peralatan sehingga biaya juga menurun dengan turunnya kerugian-kerugian yang terjadi serta menurunnya angka kerusakan produk. Dengan demikian waktu penyerahan dapat dijamin lebih cepat waktu karena proses produksi dapat direncanakan tanpa gangguan permesinan. (Rinawati and Dewi, n.d.)

1. Equipment failure losses = $\frac{equipment\ failure\ time}{loading\ time} \times 100\%$ (1)
2. Setup and adjust losses = $\frac{setup\ and\ adjust\ time}{loading\ time} \times 100\%$ (2)
3. Idling & minor stoppages = $\frac{(target-hasil) \times cycle\ time\ ideal}{loading\ time} \times 100\%$ (3)
4. Reduce speed losses = $\frac{(actual\ cycle\ time-ideal\ cycle\ time) \times output}{loading\ time} \times 100\%$..(4)
5. Reject & reworks losses = $\frac{total\ reject \times ideal\ cycle\ time}{loading\ time} \times 100\%$ (5)
6. Reduce yield = $\frac{reduce\ yield \times ideal\ cycle\ time}{loading\ time} \times 100\%$ (6)

2.3.1. Perhitungan Ketersediaan (*availability rate*)

Ketersediaan (*availability rate*) merupakan waktu mesin produksi untuk melakukan proses produksi. Kerugian waktu ketersediaan dipengaruhi oleh breakdown, waktu *setup* dan penyetelan. *Availability rate* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Wilmoot, 2001) :

$$Availability\ rate = \frac{loading\ time - downtime}{loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Downtime adalah waktu yang terbuang atau waktu tidak produktif.

$$Downtime = Loading\ Time - Operating\ Time \dots\dots\dots(8)$$

Operating time adalah waktu actual ketika mesin beroperasi didapat dari data kegiatan operasional mesin. *Loading time* adalah seharusnya mesin beroperasi.

2.3.2. Perhitungan Efektifitas Kinerja

Efektifitas kinerja (*performance rate*) adalah perbandingan keluaran produk dari mesin produksi dengan keluaran produk yang direncanakan atau yang diinginkan yang dinyatakan dalam persentase. Kerugian waktu efektifitas kinerja mengacu pada indikator yang menunjukkan seberapa sering mesin berhenti dan mesin berjalan dalam kecepatan rendah. *Performance rate* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Willmoot, 2001) :

$$Performance\ rate = \frac{waktu\ siklus\ ideal \times jumlah\ output}{waktu\ operasi} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Operating time adalah waktu kecepatan mesin aktual beroperasi.

2.3.3. Perhitungan tingkat kualitas produk

Tingkat kualitas produk (*quality rate*) adalah rasio jumlah produk yang lebih baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Kerugian waktu tingkat kualitas adalah indikator yang menunjukkan seberapa banyak produk cacat saat

proses produksi. *Quality rate* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Willmoot, 2001) :

$$\text{Quality rate} = \frac{\text{output} - \text{reduce yield} - \text{rejeck}}{\text{output}} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

2.4.Diagram Ishikawa

Diagram ishikawa dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943. Diagram sebab akibat menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara akibat dan penyebab suatu masalah. Diagram tersebut memang digunakan untuk mengetahui akibat dari suatu masalah untuk selanjutnya diambil tindakan perbaikan. Dari akibat tersebut kemudian dicari beberapa kemungkinan penyebabnya. Penyebab masalah inipun berasal dari berbagai sumber misalnya, metode kerja, bahan, pengukuran, karyawan, lingkungan dan seterusnya.

Dari sumber-sumber penyebab diatas dapat diturunkan menjadi beberapa sumber yang lebih kecil dan mendetail. Manfaat diagram ishikawa antara lain :

1. Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas produk atau jasa, lebih efisien dalam menggunakan sumber daya dan dapat mengurangi biaya.
2. Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidak sesuaian produk atau jasa dan keluhan pelanggan.
3. Dapat membuat suatu standarisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan.
4. Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

Selain digunakan untuk mencari penyebab utama suatu masalah. Diagram ishikawa juga dapat digunakan untuk mencari penyebab minor yang merupakan bagian dari penyebab utamanya. Penerapan diagram ishikawa lain misalnya dalam menghitung banyaknya penyebab kesalahan yang mengakibatkan terjadinya suatu masalah, menganalisa penyebaran pada masing-masing penyebab masalah, dan menganalisa proses. Untuk menghitung penyebab kesalahan dilakukan dengan mencari akibat terbesar dari suatu masalah (Oktaria,2011).

2.5.FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Failure Mode and Effect Analysis adalah suatu teknik untuk menemukan kelemahan pada suatu design, proses, atau sistem suatu design, proses atau pada saat sistem tersebut direalisasikan dalam fase produksi. Teknik ini biasa digunakan untuk pemecahan masalah dan dapat digunakan lebih luas pada disiplin ilmu teknik (Corder, 1996).

Menurut Moubray (1987) metode FMEA cukup efektif untuk mengurangi *failures mode* yang terjadi pada suatu mesin dengan banyak sebab hingga menjadi lebih mudah untuk mengidentifikasi akar permasalahan dari mesin tersebut. Dengan kata lain manajer produksi tidak lagi membutuhkan waktu lama untuk memberikan keputusan dalam hal penanganan terhadap kendala yang terjadi. Keuntungan dengan menggunakan metode FMEA dalam mengurangi permasalahan yaitu sebagai berikut :

- Pekerjaan yang dilakukan dapat dilaksanakan lebih mendetail dalam pengawasannya.
- Jadwal perawatan yang terencana setiap harinya untuk dapat menghasilkan keputusan yang lebih spesifik terhadap mesin yang bermasalah.
- Dalam pelaporan permasalahan yang terjadi tiap harinya sudah teristematik.

- Dalam skala besar pelaporan untuk data historis perusahaan bisa lebih spesifik dan detail pada setiap mesinnya dengan penanganan komponen mesin pada periode sebelumnya.

Adapun tahapan dari FMEA adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengamatan terhadap proses yang akan dianalisa.
2. Hasil pengamatan digunakan untuk menemukan kesalahan pada proses.
3. Mengidentifikasi potential *cause* penyebab dari kesalahan yang terjadi.
4. Menetapkan nilai-nilai (dengan jalan *brainstorming*) dalam poin :
 - Keseriusan atau dampak akibat kesalahan terhadap proses, lanjutan
 - Frekuensi terjadinya kesalahan
 - Alat control akibat potential cause
5. Mendapatkan nilai RPN dengan jalan mengendalikan SOD (*Severy Occurance Detection*)
6. Memusatkan perhatian pada nilai RPN yang tertinggi, segera lakukan perbaikan terhadap potential *cause* dan efek yang diakibatkan.

2.6. Menentukan Serverity, Occurance, Detection dan RPN

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *severity*, *detection*, serta hasil akhirnya yang berupa *risk priority number*.

- *Severity*
Severity yakni mengidentifikasikan dampak potensial yang terburuk yang diakibatkan oleh suatu kegagalan (Moubray, 1987). Dampak ini ditentukan berdasarkan tingkat cedera yang dialami personel, tingkat kerusakan peralatan, akibat pada

produksi dan lama *downtime* yang terjadi. Tingkatan efek ini dapat dikelompokkan menjadi :

Rangking	Akibat	Kriteria verbal	Akibat pada produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apa-apa (tidak ada akibat), penyesuaian yang diperlukan	Proses berada dalam pengendalian
2	Akibat sangat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti. Akibat hanya dapat diketahui oleh operator yang berpengalaman.	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian
3	Akibat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya sedikit terjadi gangguan. Akibat diketahui oleh rata-rata	Proses telah berada diluar pengendalian, membutuhkan beberapa penyesuaian.

		operator	
4	Akibat minor	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun terdapat gangguan kecil akibat diketahui oleh semua operator	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i> atau tidak ada kehilangan waktu produksi.
5	Akibat moderat	Mesin tetap beroperasi dan aman, tetapi menimbulkan beberapa kegagalan produk. Operator merasa tidak puas karena kinerja kurang	30-60 menit <i>downtime</i>
6	Akibat signifikan	Mesin tetap beroperasi dan aman tetapi menimbulkan kegagalan produk, operator sangat tidak puas dengan kinerja mesin	1-2 jam <i>downtime</i>
7	Akibat	Mesin tetap	2-4 jam

	major	beroperasi dan aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh, operator merasa sangat tidak puas	<i>downtime</i>
8	Akibat ekstrim	Mesin tidak dapat beroperasi, telah kehilangan fungsi utama mesin	4-8 jam <i>downtime</i>
9	Akibat serius	Mesin gagal beroperasi serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja	>8 jam <i>downtime</i>
10	Akibat berbahaya	Mesin tidak layak dioperasikan karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba, bertentangan dengan peraturan	>8 jam <i>downtime</i>

		keselamatan kerja	
--	--	----------------------	--

- *Occurance*

Frekuensi terjadinya kegagalan (*occurance*) (Moubray, 1987).

Frekuensi terjadinya kegagalan ini dapat dilihat dalam tabel 2.2 sebagai berikut :

Rangking	Kejadian	Kriteria verbal	Tngkat kejadian kerusakan
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	>10.000 jam operasi
2	Remote	Kerusakan mesin jarang terjadi	6001 – 10.000 jam operasi
3	Sangat sedikit	Kerusakan mesin terjadi sangat sedikit	3001- 6000 jam operasi
4	Sedikit	Kerusakan mesin terjadi sedikit	2001- 3000 jam operasi
5	Rendah	Kerusakan mesin terjadi pada tingkat rendah	1001- 2000 jam operasi
6	Medium	Kerusakan terjadi pada	401-1000 jam operasi

		tingkat medium	
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi	101-400 jam operasi
8	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi	11- 100 jam operasi
9	Sangat tinggi	Kerusakan terjadi sangat tinggi	2-10 jam operasi
10	Hampir selalu	Kerusakan mesin selalu terjadi	Kurang dari jam operasi

- Detection

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi (Moubray, 1987).

Nilai detection dapat dilihat dalam table 2.3 berikut :

Rangking	Akibat	Kriteria verbal
1	Hampir pasti	Perawatan preventive akan selalu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan prefentive memiliki kemngkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan preventive memiliki kemungkinan tinggi untuk

		mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
4	Moderate highly	Perawatan preventive memiliki kemungkinan <i>moderate highly</i> untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
5	Moderate	Perawatan preventive memiliki kemungkinan moderat untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan preventive memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan preventive memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
8	Remote	Perawatan preventive memiliki kemungkinan remote untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
9	Very remote	Perawatan preventive memiliki kemungkinan very remote

		untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
10	Tidak pasti	Perawatan preventive akan selalu tidak mampu untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

- *Risk Priority Number* (Angka Prioritas Resiko/ RPN)

RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect* (*severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect* (*occurrence*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut : (Moubray,1987)

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots\dots\dots(11)$$

